نشریه پژوهش‌های اکوفیزیولوژی گیاهی ایران، شماره پیاپی ۳۲، سال هشتم، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۲/صفحات: ۸۳-۷۵

تاثیر محلول پاشی اسید سالیسیلیک بر میزان اسمولیت‌ها و رنگدانه‌های فتوسنتزی گیاه بادمجان (*Solanum melongena* L.) تحت تنش سرما

محسن فرزانه*[۱]، مژگان قنبری[۲]، علیرضا افتخاریان جهرمی[۳]، شورانگیز جوانمردی[۴]

[۱] دانش‌آموخته کارشناسی، گروه علوم باغبانی انجمن علمی ادبی علوم باغبانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز، شیراز

[۲] دانش‌آموخته کارشناسی، گروه علوم باغبانی باشگاه پژوهشگران جوان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز، شیراز

[۳] استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز، شیراز

[۴] مربی، گروه علوم باغبانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز، شیراز

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۲/۲۱ تاریخ پذیرش: ۹۲/۶/۲۱

چکیده

جهت بررسی اثر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک بر میزان اسمولیت‌ها و رنگدانه‌های کلروفیل و ترکیبات کاروتنوئیدی در گیاه بادمجان تحت تنش سرما، آزمایشی در سال ۱۳۹۰ در دانشگاه آزاد اسلامی شیراز، به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. عوامل مورد بررسی شامل محلول پاشی با اسید سالیسیلیک در چهار سطح (۰، ۱، ۲ و ۳ میلی‌مولار) و تنش سرمایی با دو سطح (عدم سرمادهی و سرمادهی) و صفات مورد بررسی شامل محتوای پرولین، محتوای کربوهیدرات‌های محلول، رنگدانه‌های کلروفیل a، b و ترکیبات کاروتنوئیدی بود. نتایج حاصل از تجزیه واریانس تأثیر متقابل تنش سرما و اسید سالیسیلیک نشان داد در شرایط تنش سرما، محلول‌پاشی با اسیدسالیسیلیک ۳ میلی‌مولار سبب افزایش محتوای پرولین و کربوهیدرات‌های محلول هم در برگ و هم در ریشه شد. همچنین در شرایط عدم تنش سرما و غلظت‌های صفر و ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک، محتوای کلروفیل a و b در بالاترین میزان بود. بیشترین ترکیبات کاروتنوئیدی در شرایط عدم تنش سرما همراه با غلظت‌های صفر، ۱ و ۲ میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک مشاهده شد.

واژگان کلیدی: پرولین، کربوهیدرات‌های محلول، ترکیبات کاروتنوئیدی، کلروفیل a، کلروفیل b

مقدمه

گیاهان همواره در معرض طیف وسیعی از تنش‌های غیر زیستی هستند که این تنش‌ها اثرات نامطلوبی بر بقاء، رشد، کیفیت و کمیت محصولات کشاورزی دارند (Knight and Knight, 2001). سرما یکی از این تنش‌هایی است که همه ساله خسارات قابل توجهی را به اقتصاد و چرخه تولید کشور تحمیل می‌کند. گیاهان برای رشد بهینه به محدوده دمائی خاصی احتیاج دارند و خارج شدن از این محدوده به‌عنوان یک تنش محسوب می‌شود. گزارش شده است که وقتی گیاه در معرض دماهای بین صفر تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد قرار گیرد تغییرات فیزیولوژیکی در آن به وجود می‌آید (Seppanen, 2000).

سنتز کلروفیل یکی از فرآیندهای بسیار حساس به تغییرات دمایی است و به‌عنوان روشی کمی برای اندازه‌گیری حساسیت به سرما در گونه‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد (Colom and Vazzana,

*نویسنده مسئول: mohsen.farzaneh@ymail.com

Archive of SID

www.SID.ir

2001). در دماهای پایین، انرژی نورانی جذب شده توسط رنگیزه‌ها نمی‌تواند در واکنش‌های فتوسنتزی به کار گرفته شود. این انرژی نورانی جذب شده باعث واکنش‌های اکسیداسیون نوری می‌شود که منجر به از دست رفتن رنگیزه‌ها، لیپیدها و اسیدهای چرب به ویژه در غشاء تیلاکوئیدی می‌شود (Patrick et al., 2000).

دمای پایین باعث القاء تغییرات زیادی در ترکیبات سلولی مانند تغییر در ترکیبات پروتئینی، پرولین و کربوهیدرات‌ها می‌شود. مولکول‌های پیک که در سیستم‌های انتقال سیگنال نقش دارند، آنزیم‌های ویژه‌ای را برای فعال کردن مسیر تولید پرولین ایجاد می‌کنند تا باعث تشکیل یا تنظیم فعالیت ترکیبات دفاعی مانند پرولین شود. پرولین نقش‌های مختلفی در گیاه ایفا می‌کند مانند تنظیم فشار اسمزی، حفظ یکپارچگی غشاء، تعادل بین آنزیم و پروتئین و پاکسازی رادیکال‌های آزاد. تجمع پرولین در شرایط تنش به میزان مقاومت گیاه بستگی دارد (Ashraf and Foolad, 2007).

اسید سالیسیلیک هورمونی است که نقش مهمی در مقاومت به تنش‌های زیستی و غیر زیستی ایفا می‌کند و بر رشد گیاه، جوانه‌زنی دانه، ساختار غشا، جذب و انتقال یون، نرخ فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای، مقدار کلروفیل، گلدهی و رسیدن میوه نیز تأثیر می‌گذارد (Belkhadi et al., 2010).

اسید سالیسیلیک در تنظیم و ایجاد علامت‌هایی برای بیان ژن‌ها در زمان پیری در گیاه آرابیدوبسیس (*Arabidopsis thaliana*) دخالت دارد (Morris et al., 2000). علاوه بر این، مانع رسیدگی میوه‌ها می‌شود (Srivastava and Dwivedi, 2000) طی تحقیقاتی که تاکنون انجام شده به نظر می‌رسد که اسید سالیسیلیک در مقاومت به تنش سرما نیز نقش دارد و احتمالاً از طریق تأثیر بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت و متابولیسم پراکسید هیدروژن، زمینه کاهش خسارت سرما و افزایش تحمل گیاه به سرما را فراهم می‌آورد. کارایی اسیدسالیسیلیک در القاء تحمل به تنش، بسته به نوع گیاه و یا غلظت اسید سالیسیلیک دارد (Horváth et al., 2007). اسید سالیسیلیک سبب مقاومت به کمبود آب می‌گردد (Bezrukova et al., 2001). این ماده در گوجه‌فرنگی و لوبیا نیز سبب افزایش تحمل به دماهای پائین و بالا شده است (Senaratna et al., 2000). کاربردخارجی اسید سالیسیلیک سبب ایجاد تحمل به گرما (Dat et al., 1998)، سرمازدگی (Janda et al., 1999) و تنش شوری در دولپه‌ای‌ها نیز می‌گردد (Borsanio et al., 2001).

با توجه به اینکه تنش سرما به عنوان یک عامل محدود کننده در تولیدات گیاهی مطرح است، بنابراین مقابله با این تنش به صورت‌های مختلفی نظیر استفاده از ترکیباتی که هزینه کمتر و کارایی بالاتری داشته باشند، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

بادمجان (*Solanum melongena* L.) یک سبزی مهم خانواده Solanaceae به شمار می‌رود. بادمجان احتمالاً بومی کشور هندوستان است. بادمجان منبع بسیار خوبی از ویتامین‌ها و مواد معدنی است و به لحاظ اقتصادی یک محصول مهم کشاورزی در آسیا و اروپا محسوب می‌شود (Van Eck and Snder, 2006). از ویژگی‌های ترکیبات شیمیایی میوه این گیاه، میزان بالای آب موجود در آن است که به همراه کالری غذایی کم، مورد توجه کارشناسان امور تغذیه قرار گرفته است. ویتامین‌های موجود در بادمجان اغلب از دسته B می‌باشند و قسمت اعظم انرژی ذخیره شده در بادمجان مربوط به نشاسته است (Khurana et al., 2008). کشورهای مهم تولید کننده آن عبارتند از هندوستان، ژاپن، اندونزی، چین، بلغارستان، بسیاری از کشورهای آفریقایی، ایتالیا، فرانسه و ایالات‌متحده آمریکا. در ایران، بادمجان از

Archive of SID

www.SID.ir

دیرباز کشت می‌شده و دارای خواص دارویی و غذایی فراوان است. این گیاه به سرما بسیار حساس می‌باشد.

با توجه به نقش شبه هورمونی اسید سالیسیلیک، در این تحقیق اثر آن بر کاهش تأثیر تنش سرما در گیاه بادمجان مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۰ به منظور بررسی تأثیر اسید سالیسیلیک بر برخی از ویژگی‌های گیاه بادمجان (*Solanum melongena* L.) تحت شرایط تنش سرما انجام گرفت. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. بذرهای این گیاه به مدت ۱۲ ساعت هیدروپرایمینگ شدند (در آب خیسانده شدند). و سپس تعداد ۲ بذر در گلدان‌های حاوی خاک معمولی (بافت شنی لومی)، خاک برگ و ماسه با نسبت ۱:۱:۱ کاشته و در محیط گلخانه قرار گرفتند. پس از گسترده شدن چهارمین برگ حقیقی محلول پاشی توسط اسید سالیسیلیک در چهار سطح (۰، ۱، ۲ و ۳ میلی‌مولار) طی دو مرحله، به فاصله یک روز انجام گرفت و در گیاهان شاهد، محلول پاشی با اسید سالیسیلیک انجام نشد. فاکتور دوم شامل تنش سرمایی با دو سطح (عدم سرمادهی و سرمادهی) بود. پس از گذشت شانزده روز، گلدان‌ها به دو دسته تقسیم شدند، دسته اول در محیط گلخانه قرار گرفتند (عدم سرمادهی) و دسته دوم جهت القاء تنش سرما، هر شبانه روز ٦ ساعت و به مدت سه شب متوالی در دمای ۵ درجه سانتی گراد قرار گرفتند. پس از تمام شدن دوره تنش سرما، جهت بررسی تأثیر اسید سالیسیلیک بر میزان اسمولایت‌ها و رنگدانه‌های کلروفیل و ترکیبات کاروتنوئیدی از هر بوته برگ سوم و چهارم آن جدا و همچنین جهت سنجش ترکیبات اسمولایت در ریشه، ریشه گیاهان خارج گردید و بر روی یخ به آزمایشگاه فیزیولوژی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی شیراز انتقال یافت.

اندازه‌گیری محتوای پرولین طبق روش Bates و همکاران (۱۹۷۳) با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل (LABoMeD, INC. UVD-2960) ساخت کشور آمریکا و بر حسب نانومتر در طول موج ۵۲۰ قرائت شد. همچنین سنجش کربوهیدرات‌های محلول طبق روش فنل- اسیدسولفوریک با استفاده از همین دستگاه صورت گرفت و در طول موج ٤٨٥ قرائت انجام شد (Kochert, 1978).

جهت سنجش رنگدانه‌های فتوسنتزی، از روش ارائه شده توسط Arnon (١٩٦٧) بهره‌گیری شد و مقدار جذب در طول موج‌های ٦٦٣ نانومتر برای کلروفیل a و ٦٤٥ نانومتر برای کلروفیل b و ٤٧٠ برای ترکیبات کاروتنوئیدی توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد. در نهایت با استفاده از فرمول‌های زیر میزان کلروفیل a، b و ترکیبات کاروتنوئیدی بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر نمونه به‌دست آمد.

Chlorophyll a = (19.3× A663 - 0.86 * A645) V/100W
Chlorophyll b = (19.3× A645 - 3.6 * A663) V/100W
Carotenoides = 100(A470) - 3.27(mg chl. a) - 104(mg chl. b)/227

V= حجم محلول صاف شده

A= جذب نور در طول موج‌های ٦٦٣، ٦٤٥ و ٤٧٠ نانومتر

W= وزن تر نمونه بر حسب گرم

از نرم‌افزار SAS برای تجزیه آماری داده‌ها استفاده شد و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵درصد صورت گرفت و جهت رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

www.SID.ir

نتایج

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک بر محتوای پرولین ریشه، کربوهیدرات‌های محلول برگ و ریشه، کلروفیل a و ترکیبات کاروتنوئیدی در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود اما بر محتوای پرولین برگ و کلروفیل b معنی‌دار نشد. در بررسی اثر تنش سرما مشاهده شد که این تیمار بر محتوای پرولین برگ و ریشه، کلروفیل a, b درسطح ۱ درصد و ترکیبات کاروتنوئیدی در سطح ۵ درصد تأثیر معنی‌دار داشت ولی صفت محتوای کربوهیدرات‌های محلول برگ و ریشه تحت تأثیر این تیمار قرار نگرفت. همچنین اثر متقابل بین اسید سالیسیلیک و تنش سرمایی برای صفات محتوای پرولین ریشه، کربوهیدرات‌های محلول ریشه، کلروفیل a، b و ترکیبات کاروتنوئیدی در سطح ۱ درصد و کربوهیدرات‌های محلول برگ در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد ولی صفت محتوای پرولین برگ تحت تأثیر این تیمارها قرار نگرفت.

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس اثر اسیدسالیسیلیک و سرما بر برخی صفات بادمجان

		میانگین مربعات						
منابع تغییر	درجه آزادی	محتوای پرولین برگ(mM/gFW)	محتوای پرولین ریشه(mM/gFW)	کربوهیدرات‌های محلول‌برگ (mg/gDW)	کربوهیدرات‌های محلول ریشه (mg/gDW)	کلروفیل a (mg/gFW)	کلروفیل b (mg/gFW)	ترکیبات کاروتنوئیدی (mg/gFW)
اسید سالیسیلیک	۳	۰/۱۰۰۶^{ns}	۰/۰۰۲۸۰**	۵/۹۲۰۹**	۰/۰۰۰۶۱۹**	۰/۰۴۸۷۸**	۰/۰۰۰۴۴^{ns}	۰/۰۰۱۶۵**
تنش سرمایی	۱	۱۲/۳۶۵۳**	۰/۰۲۳۵**	۰/۰۴۳۳۶^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۷۴۸^{ns}	۰/۷۱۶۵**	۰/۱۱۱۷**	۰/۰۰۲۸*
اسید سالیسیلیک × تنش سرمایی	۳	۰/۰۴۶۵۲^{ns}	۰/۰۰۰۵۵۸**	۰/۸۴۱۲*	۰/۰۰۰۰۸۳۱۷**	۰/۰۴۷۸۱**	۰/۰۰۸۱۳**	۰/۰۰۳۰۲**
خطا	۱۶	۰/۰۳۸۳۲	۰/۰۰۰۰۵۵	۰/۱۶۲۷	۰/۰۰۰۰۱۵۵	۰/۰۰۰۶۲۴	۰/۰۰۰۱۶۹	۰/۰۰۰۲۳
ضریب تغییرات	-	۲۳/۲۹	۶/۸۵	۱۷/۹۷	۹/۵۴۵	۴/۸۹	۴/۵۲	۲/۷۴

ns، *و**به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

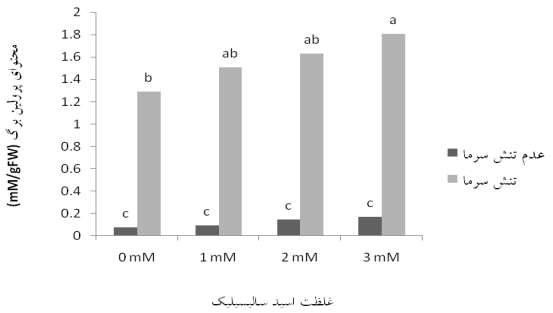
میزان اسمولیت‌ها

محتوای پرولین: بررسی اثر متقابل تنش سرما و اسید سالیسیلیک بر محتوای پرولین برگ و ریشه نشان داد که روند تغییرات این پارامتر در تیمارهای مختلف متفاوت بود (شکل‌های ۱ و ۲). در شرایط عدم تنش سرما، محتوای پرولین برگ کمترین میزان را دارا بود و غلظت‌های صفر، ۱، ۲ و ۳ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک از نظر محتوای پرولین برگ با یکدیگر تفاوت معنی‌دار نداشتند. در شرایط تنش سرما، غلظت ۳ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک بیشترین محتوای پرولین برگ را دارا بود و غلظت‌های ۱ و ۲ میلی‌مولار نیز با آن تفاوت معنی‌دار نداشتند. همچنین تحت شرایط تنش سرما، گیاهانی که با اسید سالیسیلیک تیمار نشده بودند، نسبت به سایر غلظت‌های اسید سالیسیلیک از محتوای پرولین برگ کمتری برخوردار بودند (شکل ۱).

مطابق با نتایج ارائه شده در شکل ۲، در گیاهانی که در معرض تنش سرما قرار داشتند، تیمار با غلظت ۳ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک بیشترین محتوای پرولین ریشه را داشتند. پس از آن به‌ترتیب در غلظت‌های ۲، ۱ و صفر میلی‌مولار اسید سالیسیلیک از محتوای پرولین ریشه کاسته شد.

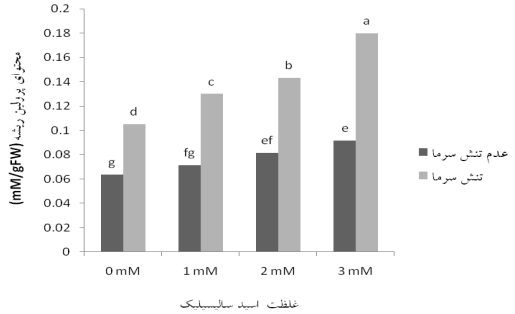
Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱. اثر متقابل اسید سالیسیلیک و تنش سرما بر محتوای پرولین برگ

*میانگین‌های با حروف مشابه از نظر آماری (P≤۰/۰۱) معنی‌دار نمی‌باشند.

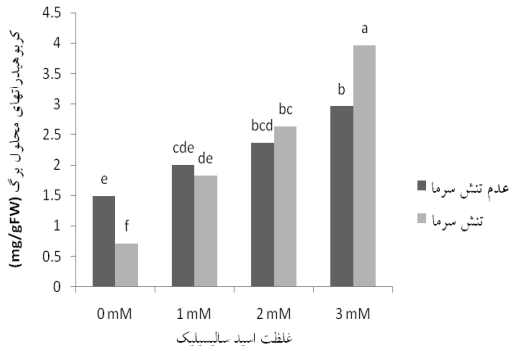


شکل ۲. اثر متقابل اسیدسالیسیلیک و تنش سرما بر محتوای پرولین ریشه

*میانگین‌های با حروف مشابه از نظر آماری (P≤۰/۰۱) معنی‌دار نمی‌باشند.

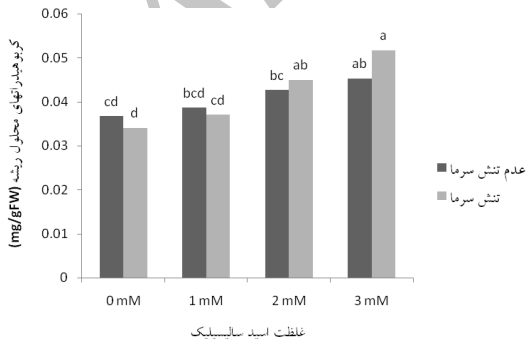
سنجش کربوهیدرات‌های محلول: همانگونه که در شکل ۳ و ٤ دیده می‌شود روند تغییرات میزان کربوهیدرات‌های محلول برگ و ریشه در عدم تنش سرما و تنش سرما و نیز غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک متفاوت بوده است. به طوری که در شرایط عدم تنش سرما، غلظت صفر میلی‌مولار اسید سالیسیلیک کمترین میزان کربوهیدرات‌های محلول برگ را دارا بود و پس از آن به‌ترتیب در غلظت‌های ۱، ۲ و ۳ میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک میزان کربوهیدرات‌های محلول برگ افزایش یافت. پس از اعمال تنش سرما، محلول پاشی با اسید سالیسیلیک سبب افزایش محتوای کربوهیدرات‌های محلول برگ شد. غلظت صفر میلی‌مولار اسید سالیسیلیک نسبت به سایر غلظت‌ها کمترین محتوای کربوهیدرات‌های محلول برگ را داشت و به‌ترتیب در غلظت‌های ۱، ۲ و ۳ میلی‌مولار افزایش یافت به‌طوری که بیشترین میزان کربوهیدرات‌های محلول برگ در غلظت ۳ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک مشاهده شد (شکل ۳).

بررسی محتوای کربوهیدرات‌های محلول در ریشه گیاهان نشان داد، تحت شرایط عدم تنش سرما بیشترین تجمع کربوهیدرات محلول در گیاهانی بود که با غلظت ۳ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک تیمار شده بودند. در ریشه گیاهانی که تحت تنش سرما قرار داشتند، غلظت ۳ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک بالاترین میزان کربوهیدرات محلول را داشتند و غلظت ۲ و ۱ میلی‌مولار، با یکدیگر تفاوت معنی‌دار نداشتند و نسبت به اسید سالیسیلیک ۳ میزان کم‌تر و نسبت به غلظت صفر میزان بیشتری از این صفت را داشتند.



شکل ۳. اثر متقابل اسید سالیسیلیک و تنش سرما بر کربوهیدرات‌های محلول برگ

*میانگین‌های با حروف مشابه از نظر آماری (P≤ ۰/۰۱) معنی‌دار نمی‌باشند.



شکل ٤. اثر متقابل اسید سالیسیلیک و تنش سرما بر کربوهیدرات‌های محلول ریشه

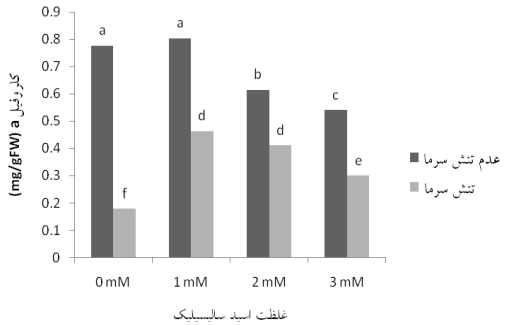
*میانگین‌های با حروف مشابه از نظر آماری (P≤ ۰/۰۱) معنی‌دار نمی‌باشند.

Archive of SID
www.SID.ir

رنگدانه‌های فتوسنتزی

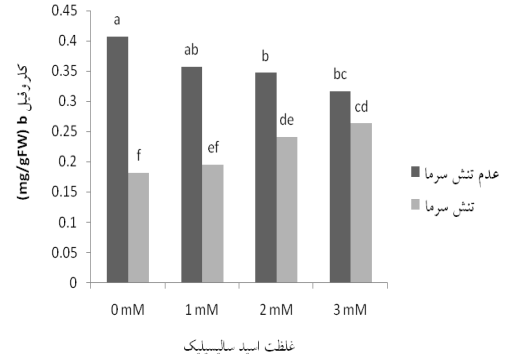
کلروفیل a و b: همانگونه که شکل ۳ و ٤ نشان می‌دهند، در شرایط عدم تنش سرما و تنش سرما محتوای رنگدانه‌های کلروفیل a و b متفاوت بود. به طور کلی قبل از تنش سرما نسبت به بعد از اعمال تنش سرما، میزان این رنگدانه‌های فتوسنتزی بیشتر بود. در شرایط عدم تنش سرما، غلظت صفر و ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک بیشترین محتوای کلروفیل a و b را داشتند و پس از آن در غلظت‌های ۲ و ۳ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک محتوای کلروفیل کاهش یافت. در شرایط تنش سرما، گیاهانی که با اسید سالیسیلیک تیمار نشده بودند، کمترین میزان کلروفیل a و b را داشتند. در گیاهان تحت تنش سرما، محلول‌پاشی گیاهان با غلظت ۱ و ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک سبب افزایش کلروفیل a شد و غلظت ۳ میلی‌مولار سبب افزایش کلروفیل b شد.

ترکیبات کاروتنوئیدی: نتایج این تحقیق نشان دهنده روند تغییرات متفاوت ترکیبات کاروتنوئیدی در گیاهانی که در شرایط تنش سرما و عدم تنش سرما بود. همانگونه که در شکل ۵ دیده می‌شود در شرایط عدم تنش سرما غلظت صفر و ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک بیشترین میزان ترکیبات کاروتنوئیدی را دارا بودند و در سطح ۵ درصد با یکدیگر تفاوت معنی‌دار نداشتند و در غلظت‌های ۱ و ۳ میلی‌مولار نیز تفاوت معنی داری مشاهده نشد. در شرایط تنش سرما محلول پاشی با غلظت ۱ و ۲ میلی‌مولار سبب افزایش ترکیبات کاروتنوئیدی شد و در غلظت‌های صفر و ۳ میلی‌مولار میزان ترکیبات کاروتنوئیدی کاهش یافت (شکل ۵).



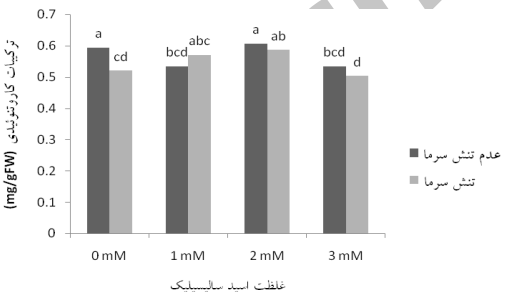
شکل ۵. اثر متقابل اسیدسالیسیلیک و تنش سرما برکلروفیل a

*میانگین‌های با حروف مشابه از نظر آماری (P≤ ۰/۰۱) معنی‌دار نمی‌باشند.



شکل ٦. اثر متقابل اسید سالیسیلیک و تنش سرما برکلروفیل b

*میانگین‌های با حروف مشابه از نظر آماری (P≤ ۰/۰۱) معنی‌دار نمی‌باشند.



شکل ۷. اثر متقابل اسید سالیسیلیک و تنش سرما برکاروتنوئید.

*میانگین‌های با حروف مشابه از نظر آماری (P≤ ۰/۰۱) معنی‌دار نمی‌باشند.

www.SID.ir

بحث

محتوای پرولین: آنالیز نتایج به دست آمده از این پژوهش نشان داد در شرایط عدم سرمادهی، گیاهان از کمترین محتوای پرولین برخوردار بودند و در شرایط تنش سرما، محلول پاشی گیاهان با اسید سالیسیلیک ۳ میلی‌مولار سبب افزایش محتوای پرولین شد.

این نتایج قبلاً توسط سایر محققین اثبات شده است. Apostolova و همکاران (۲۰۰۸) مشاهده کردند که سرما باعث افزایش پرولین در گندم بهاره شد. تجمع پرولین در مواجهه با تنش شوری نیز گزارش شده است (Reza et al., 2006).

همچنین کاربرد ۰/۵ میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک سبب افزایش پرولین و کاهش اثرات مخرب شوری بر رشد عدس شد (Neelam and Saxena, 2009). تجمع پرولین به علت کاهش تبدیل پرولین به پروتئین است که خود ناشی از تخریب پروتئین سینتاز می‌باشد که منجر به افزایش پرولین می‌شود (Ashraf and Foolad, 2007).

کربوهیدرات‌های محلول: مطابق با نتایج شکل ۲، تحت شرایط عدم سرمادهی، گیاهان کمترین محتوای قندهای محلول را داشتند. اما پس از سرمادهی، محلول پاشی با اسید سالیسیلیک سبب افزایش محتوای قندهای محلول شد به طوری که بیشترین محتوای قندهای محلول در گیاهان تیمار شده با اسید سالیسیلیک ۳ میلی مولار مشاهده شد.

نتایج این پژوهش با بررسی‌های Popova و همکاران (۱۹۹۷) که به بررسی تأثیر اسید سالیسیلیک و تنش خشکی پرداخته بودند، مطابقت داشت. طبق اظهارات این دانشمندان اسید سالیسیلیک باعث تأخیر در کاهش مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی در شرایط تنش خشکی گردید، بنابراین به علت تعدیل در کاهش مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی و احتمالاً با حفظ ساختار و فعالیت آنزیم روبیسکو باعث افزایش مقدار قندهای محلول شد. همچنین به نظر می‌رسد که تیمار اسید سالیسیلیک، سیستم آنزیمی هیدرولیز کننده پلی ساکاریدها را مهار کرده یا به عبارت دیگر، سرعت تبدیل قندهای نامحلول به قندهای محلول را کاهش می‌دهد (Khodary, 2004).

کلروفیل a و b : همانگونه که اشاره شد، پس از اعمال تنش سرما، محلول پاشی با اسیدسالیسیلیک ۱ میلی‌مولار سبب افزایش رنگدانه کلروفیل a و محلول پاشی با اسیدسالیسیلیک ۲ میلی مولار سبب افزایش رنگدانه کلروفیل b شد. سنتز کلروفیل از فرآیندهای بسیار حساس به دما است و به‌عنوان روشی کمی برای اندازه‌گیری حساسیت به سرما در گونه‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد (Colom and Vazzana, 2001) در این آزمایش تیمار گیاهان با اسید سالیسیلیک باعث افزایش میزان رنگدانه‌ها شد که احتمالاً به دلیل تاثیر اسید سالیسیلیک بر میزان تولید رادیکال‌های آزاد می‌باشد که در نتیجه از تخریب کلروفیل جلوگیری می‌شود. Popova و همکاران (۱۹۹۷) گزارش کردند که اسید سالیسیلیک باعث افزایش مقدار کلروفیل در گیاه عدسک آبی *Spirodela Polyrhiza* شد که نتایج ما نیز این مورد را تایید نمود.

ترکیبات کاروتنوئیدی: نتایج این تحقیق نشان داد بعد از اعمال تنش سرما تیمار با اسیدسالیسیلیک ۲ میلی‌مولار میزان ترکیبات کاروتنوئیدی افزایش یافت. گزارش شده است کاروتنوئیدها قادرند انرژی زیاد طول موج‌های کوتاه را گرفته و اکسیژن منفرد را به سه‌تایی تبدیل کنند و با گرفتن رادیکال‌های اکسیژن تولید شده نقش آنتی اکسیدانی خود را بروز دهند (Inz and Montagu, 2000). به نظر می‌رسد افزایش میزان ترکیبات کاروتنوئیدی در اثر استفاده از اسید سالیسیلیک باعث افزایش مقاومت گیاه در برابر خسارت اکسیداتیو شود. Moharekar و همکاران

Archive of SID

www.SID.ir

(۲۰۰۳) گزارش کردند که اسید سالیسیلیک باعث فعال شدن تولید ترکیبات کاروتنوئیدی و گزانتوفیل در گیاهچه‌های گندم می‌شود.

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج این تحقیق نشان داد، تیمار با اسید سالیسیلیک سبب بهبود مقاومت گیاه در برابر تنش سرما شد. بدین معنی که پس از اعمال تنش سرما محلول پاشی با اسید سالیسیلیک در بالاترین مقدار (۳ میلی‌مولار) سبب افزایش اسید آمینه پرولین و کربوهیدرات‌های محلول گردید. همچنین تحت این شرایط، محلول پاشی با غلظت ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک باعث افزایش کلروفیل a و غلظت ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک باعث افزایش کلروفیل b و ترکیبات کاروتنوئیدی شد.

منابع

Arnon, A.N. (1967). Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal. 23:112-121.

Apostolova, P., Yordanova, R. and Popova, L. (2008). Response of antioxidative defense system to low temperature stress in two wheat cultivar. Gen Applied Plant Physiology, Special Issue. 34(3-4): 281-294.

Ashraf, M. and Foolad, M.R. (2007). Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. Environmental and Experimental Botany. 59: 206-216.

Bates, L.S., Waldern, R.P. and Teare, I.D. (1973). Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil. 39: 205-207.

Belkhadi, A., Hediji, H., Abbes, Z., Nouairi, I., Barhoumi, Z., Zarrouk, M., Chaibi, W. and Djebali, W. (2010). Effects of exogenous salicylic acid pre-treatment on cadmium toxicity and leaf lipid content in *Linum usitatissimum* L., Ecotoxicology and Environmental Safety. 73(5):1004-11.

Bezrukova, M., Sakhabutdinova, V., Fatkhutdinova, R., Kyldiarova, R.A,, Shakirova, I. and Sakhabutdinova, F.A.R. (2001). The role of hormonal changes in protective action of salicylic acid ongrowth of wheat seedlings under water deficit. Agrochemiya (Russ). 2: 51-54.

Borsanio, O., Valpuesta, V. and Botella, M.A. (2001). Evidence for a role of salicylic acid in the oxidative damage generated by NaCl and osmotic stress in Arabidopsis seedlings. Plant Physiology. 126:1024-1030.

Colom, M.R. and Vazzana, C. (2001). Drought stress effects on three cultivars of *Eragrostis curvula*: photosynthesis and water relations. Plant Growth Regulation. 34: 195-202.

Dat, J.F., Lopez, D., Foyer, H. and Scott, I.M. (1998). Parallel changes in H_2O_2 and catalase during thermo tolerance induced by salicylic acid or heat acclimation in mustard seedlings. Plant Physiology.116:1351-1357.

Horváth, E., Szalai, G. and Janda, T. (2007). Induction of abiotic stress tolerance by salicylic acidsignaling. Plant Growth Regulation. 26: 290-300.

Inze, D. and Montagu, M.V. (2000). Oxidative stress in plants. Cornawall. Great Britain. 321.

Janda, T., Szalai, G., Tari, I. and Paldi, E. (1999). Hydroponic treatment with salicylic acid decreases the effects of chilling injury in maize (*Zea mays* L.) plants. Planta. 208: 175-180.

Khodary, S.E.A. (2004). Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt-stressed maize plants. International Journal Agriculture and Biology. 6:5–8.

Khurana, M., Bansal, R.L., Nayyar, V.K. and Setia, R.K., (2008). Yield and metal composition of rinjal (*Solanum melongena*) and pigweed (*Amaranthus tricolor*) as influenced by lead contaminated soils. Agrochimiya. 52: 60-70.

Knight, H. and Knight, M.R. (2001). Abiotic stress signaling pathways: specificity and cross-talk. Trends in Plant Science. 6: 262–267.

Kochert, G. (1978). Carbohydrate determination by phenol sulfuric acid method. In: Hellebust J A, Craigie JS (Eds), Handbook of physiological methods. Cambridge. UK: Cambridge University Press, pp. 95-97.

Moharekar, S.T., Lokhande, S.D., Hara, T., Tanaka, R., Tanaka, A. and Chavan, P.D. (2003). Effect of salicylic acid on chlorophyll and carotenoid contents of wheat and moong seedlings. Photosynthetica, 41: 315-317.

Archive of SID

www.SID.ir

Morris, K., Mackerness, S.A.H. and Page, T.(2000). Salicylic acid has a role in regulating gene expression during leaf senescence. Plant Journal. 23:677-685

Neelam, M. and Saxena, P. (2009). Effect of salicylic acid on proline metabolism in lentil grown undersalinity stress. Plant Science. 177:181-189.

Patrick, Mc., Zuoxing, Z., Jennifer, L.P. and Kalidas, S. (2000). A model for enhanced pea seedlingvigour following low pH and salicylic acid treatments. Process Biochemistry, 35: 603-613.

Popova, L., Pancheva, T. and Uzunova, A. (1997). Salicylic acid: properties, biosynthesis and physiological role. Plant Physiology. 23: 85-93.

Reza, S., Heidari, R., Zare, S. and Norastehnia, A. (2006). Antioxidant response of two salt-stressed barley varieties in the presence or absence of exogenous proline. Gen Applied Plant Physiology. 32(3-4): 233-251.

Senaratna, T., Touchell, D., Bunn, E. and Dixon, K. (2000). Acetyl salicylic acid (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plant. Plant Growth Regulation. 30: 157-161.

Seppanen, M.M. (2000). Characterization of freezing tolerance in *Solanum commersonii* (Dun.) with special reference to the relationship between freezing and oxidative stress. University of Helsinki Department of Plant Production Section of Crop Husbandry. 53 P.

Srivastava, M.K. and Dwivedi, U.N. (2000). Delayed ripening of banana fruit by salicylic acid. Plant Science. 158: 87-96.

Van Eck, J. and Snyder, A. (2006). Eggplant (*Solanum melongena* L.). Methods of Molecular Biology .343: 439-47.

Archive of SID

www.SID.ir